

Rec'd PCT/PTO 07 MAR 2005  
PCT/JP 03/12001

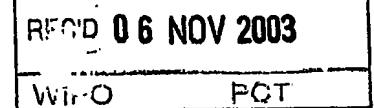
日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

19.09.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出願年月日  
Date of Application: 2002年 9月 20日



出願番号  
Application Number: 特願 2002-274554

[ST. 10/C]: [JP 2002-274554]

出願人  
Applicant(s): 松下電器産業株式会社

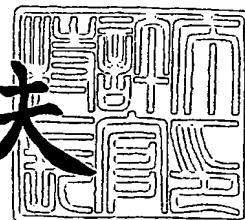
BEST AVAILABLE COPY

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年10月23日

特許長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願  
【整理番号】 2000040015  
【提出日】 平成14年 9月20日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 H01J 37/317  
H01J 37/248

## 【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 佐々木 雄一朗

## 【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 水野 文二

## 【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 中山 一郎

## 【特許出願人】

【識別番号】 000005821

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

## 【代理人】

【識別番号】 100097445

【弁理士】

【氏名又は名称】 岩橋 文雄

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100103355

【弁理士】

【氏名又は名称】 坂口 智康

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100109667

## 【弁理士】

【氏名又は名称】 内藤 浩樹

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011305

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9809938

【書類名】 明細書

【発明の名称】 不純物導入方法、装置および素子

【特許請求の範囲】

【請求項1】 表面に酸化物などの膜が付着している固体基体に物質を導入する際に、プラズマを固体表面に照射する手段、ガスを固体表面に照射する手段、固体表面を還元性の液体に浸す手段、の群から選ばれる少なくとも一つの手段によって固体基体表面の処理として当該酸化物などの膜を除去して後に、所望の粒子を付着あるいは導入することを特徴とする不純物導入方法。

【請求項2】 プラズマは希ガスアルゴンまたは水素を含む系のプラズマであることを特徴とする請求項1記載の不純物導入方法。

【請求項3】 ガスは水素を含む系のガスであることを特徴とする請求項1記載の不純物導入方法。

【請求項4】 還元性の液体は、フッ化水素、水酸化ナトリウム、アンモニア水、スルフィン酸、アジピン酸ジーエチルヘキシルなどの群から選ばれる少なくとも一つであることを特徴とする請求項1記載の不純物導入方法。

【請求項5】 固体表面を還元性の液体に浸す手段において、固体表面を還元性の液体に浸した際に、固体表面を機械的に摩擦することを特徴とする請求項1記載の不純物導入方法。

【請求項6】 所望の粒子を付着あるいは導入する方法は、当該酸化物などの膜を除去した固体基体表面に所望の粒子を含むガスを接触させて固体基体表面もしくはその近傍に付着あるいは導入することを特徴とする請求項1記載の不純物導入方法。

【請求項7】 所望の粒子を付着あるいは導入する方法は、当該酸化物などの膜を除去した固体基体表面に付着する水素もしくは水酸基と固体基体原子との結合エネルギーに合致したエネルギーの電磁波を照射することによって、当該結合を非結合状態に変化させ、付着した水素もしくは水酸基を脱離させて、固体を構成する原子を表面に露出させた後、所望の粒子を接触させて、固体基体表面もしくはその近傍に付着あるいは導入することを特徴とする請求項1記載の不純物導入方法。

【請求項8】 照射する電磁波のエネルギーは318kJ/mo1以上、666kJ/mo1以下に相当するエネルギーであることを特徴とする請求項7記載の不純物導入方法。

【請求項9】 所望の粒子を付着あるいは導入する方法は、固体基体が600°C以下の温度で行うことを特徴とする請求項1記載の不純物導入方法。

【請求項10】 イオン、プラズマ、ガスなどの相で、表面に酸化物などの膜が付着している固体基体に物質を導入する際に、プラズマを固体表面に照射する手段、ガスを固体表面に照射する手段、固体表面を還元性の液体に浸す手段、の群から選ばれる少なくとも一つの手段によって固体基体表面の処理として当該酸化物などの膜を除去して後に、所望の粒子を付着あるいは導入することを特徴とする不純物導入方法。

【請求項11】 所望の粒子は、プラズマ、ガス、超低エネルギーイオンの状態から付着あるいは導入されることを特徴とする請求項1記載の不純物導入方法。

【請求項12】 プラズマを固体表面に照射する装置、ガスを固体表面に照射する装置、固体表面を還元性の液体に浸す装置、の群から選ばれる少なくとも一つの装置と、所望の粒子を含むガスを固体表面に接触させる装置と、付着あるいは導入した所望の粒子を拡散させるアニール装置の装置群を少なくとも有することを特徴とする請求項1記載の不純物導入方法。

【請求項13】 固体表面を還元性の液体に浸す装置は固体表面を機械的に摩擦する機構を具備することを特徴とする請求項12記載の不純物導入方法。

【請求項14】 所望の粒子を含むガスを固体表面に接触させる装置は、当該酸化物などの膜を除去した固体基体表面に付着する水素もしくは水酸基と固体基体原子との結合エネルギーに合致したエネルギーの電磁波を照射する機構を具備することを特徴とする請求項12記載の不純物導入方法。

【請求項15】 プラズマを固体表面に照射する装置、ガスを固体表面に照射する装置、固体表面を還元性の液体に浸す装置、の群から選ばれる少なくとも一つの装置と、所望の粒子を含むガスを固体表面に接触させる装置と、付着あるいは導入した所望の粒子を拡散させるアニール装置の装置群を2つ以上組み合わせ

た、または、一体化したことを特徴とする請求項12記載の不純物導入方法。

【請求項16】 請求項1または10記載の不純物導入方法で製造した半導体、液晶、バイオチップなどの能動素子および、抵抗、コイル、コンデンサーなどの受動素子。

【請求項17】 表面に酸化物などの膜が付着している固体基体に物質を導入する際に、プラズマを固体表面に照射する手段、ガスを固体表面に照射する手段、固体表面を還元性の液体に浸す手段、の群から選ばれる少なくとも一つの手段によって固体基体表面の処理として当該酸化物などの膜を除去して後に、所望の粒子を付着あるいは導入することを特徴とする不純物導入装置。

【請求項18】 プラズマは希ガスアルゴンまたは水素を含む系のプラズマであることを特徴とする請求項17記載の不純物導入装置。

【請求項19】 ガスは水素を含む系のガスであることを特徴とする請求項17記載の不純物導入装置。

【請求項20】 還元性の液体は、フッ化水素、水酸化ナトリウム、アンモニア水、スルフィン酸、アジピン酸ジーエチルヘキシルなどの群から選ばれる少なくとも一つであることを特徴とする請求項17記載の不純物導入装置。

【請求項21】 固体表面を還元性の液体に浸す手段において、固体表面を還元性の液体に浸した際に、固体表面を機械的に摩擦することを特徴とする請求項17記載の不純物導入装置。

【請求項22】 所望の粒子を付着あるいは導入する方法は、当該酸化物などの膜を除去した固体基体表面に所望の粒子を含むガスを接触させて固体基体表面もしくはその近傍に付着あるいは導入することを特徴とする請求項17記載の不純物導入装置。

【請求項23】 所望の粒子を付着あるいは導入する方法は、当該酸化物などの膜を除去した固体基体表面に付着する水素もしくは水酸基と固体基体原子との結合エネルギーに合致したエネルギーの電磁波を照射することによって、当該結合を非結合状態に変化させ、付着した水素もしくは水酸基を脱離させて、固体を構成する原子を表面に露出させた後、所望の粒子を接触させて、固体基体表面もしくはその近傍に付着あるいは導入することを特徴とする請求項17記載の不純

物導入装置。

【請求項24】 照射する電磁波のエネルギーは318kJ/mo1以上、666kJ/mo1以下に相当するエネルギーであることを特徴とする請求項23記載の不純物導入装置。

【請求項25】 所望の粒子を付着あるいは導入する方法は、固体基体が60°C以下の温度で行うことを特徴とする請求項17記載の不純物導入装置。

【請求項26】 イオン、プラズマ、ガスなどの相で、表面に酸化物などの膜が付着している固体基体に物質を導入する際に、プラズマを固体表面に照射する手段、ガスを固体表面に照射する手段、固体表面を還元性の液体に浸す手段、の群から選ばれる少なくとも一つの手段によって固体基体表面の処理として当該酸化物などの膜を除去して後に、所望の粒子を付着あるいは導入することを特徴とする不純物導入装置。

【請求項27】 所望の粒子は、プラズマ、ガス、超低エネルギーイオンの状態から付着あるいは導入されることを特徴とする請求項17記載の不純物導入装置。

【請求項28】 プラズマを固体表面に照射する装置、ガスを固体表面に照射する装置、固体表面を還元性の液体に浸す装置、の群から選ばれる少なくとも一つの装置と、所望の粒子を含むガスを固体表面に接触させる装置と、付着あるいは導入した所望の粒子を拡散させるアニール装置の装置群を少なくとも有することを特徴とする請求項17記載の不純物導入装置。

【請求項29】 固体表面を還元性の液体に浸す装置は固体表面を機械的に摩擦する機構を具備することを特徴とする請求項28記載の不純物導入装置。

【請求項30】 所望の粒子を含むガスを固体表面に接触させる装置は、当該酸化物などの膜を除去した固体基体表面に付着する水素もしくは水酸基と固体基体原子との結合エネルギーに合致したエネルギーの電磁波を照射する機構を具備することを特徴とする請求項28記載の不純物導入装置。

【請求項31】 プラズマを固体表面に照射する装置、ガスを固体表面に照射する装置、固体表面を還元性の液体に浸す装置、の群から選ばれる少なくとも一つの装置と、所望の粒子を含むガスを固体表面に接触させる装置と、付着あるいは

は導入した所望の粒子を拡散させるアニール装置の装置群を2つ以上組み合わせた、または、一体化したことを特徴とする請求項28記載の不純物導入装置。

**【請求項32】** 表面に酸化物などの膜が付着している固体基体に物質を導入する際に、プラズマを固体表面に照射する手段、ガスを固体表面に照射する手段、固体表面を還元性の液体に浸す手段、の群から選ばれる少なくとも一つの手段によって固体基体表面の処理として当該酸化物などの膜を除去して後に、所望の粒子を付着あるいは導入することを特徴とする不純物導入素子。

**【請求項33】** プラズマは希ガスアルゴンまたは水素を含む系のプラズマであることを特徴とする請求項32記載の不純物導入素子。

**【請求項34】** ガスは水素を含む系のガスであることを特徴とする請求項32記載の不純物導入素子。

**【請求項35】** 還元性の液体は、フッ化水素、水酸化ナトリウム、アンモニア水、スルフィン酸、アジピン酸ジーエチルヘキシルなどの群から選ばれる少なくとも一つであることを特徴とする請求項32記載の不純物導入素子。

**【請求項36】** 固体表面を還元性の液体に浸す手段において、固体表面を還元性の液体に浸した際に、固体表面を機械的に摩擦することを特徴とする請求項32記載の不純物導入素子。

**【請求項37】** 所望の粒子を付着あるいは導入する方法は、当該酸化物などの膜を除去した固体基体表面に所望の粒子を含むガスを接触させて固体基体表面もしくはその近傍に付着あるいは導入することを特徴とする請求項32記載の不純物導入素子。

**【請求項38】** 所望の粒子を付着あるいは導入する方法は、当該酸化物などの膜を除去した固体基体表面に付着する水素もしくは水酸基と固体基体原子との結合エネルギーに合致したエネルギーの電磁波を照射することによって、当該結合を非結合状態に変化させ、付着した水素もしくは水酸基を脱離させて、固体を構成する原子を表面に露出させた後、所望の粒子を接触させて、固体基体表面もしくはその近傍に付着あるいは導入することを特徴とする請求項32記載の不純物導入素子。

**【請求項39】** 照射する電磁波のエネルギーは318kJ/mol以上、6

66kJ/mol以下に相当するエネルギーであることを特徴とする請求項38記載の不純物導入素子。

【請求項40】 所望の粒子を付着あるいは導入する方法は、固体基体が60°C以下の温度で行うことを特徴とする請求項32記載の不純物導入素子。

【請求項41】 イオン、プラズマ、ガスなどの相で、表面に酸化物などの膜が付着している固体基体に物質を導入する際に、プラズマを固体表面に照射する手段、ガスを固体表面に照射する手段、固体表面を還元性の液体に浸す手段、の群から選ばれる少なくとも一つの手段によって固体基体表面の処理として当該酸化物などの膜を除去して後に、所望の粒子を付着あるいは導入することを特徴とする不純物導入素子。

【請求項42】 所望の粒子は、プラズマ、ガス、超低エネルギーイオンの状態から付着あるいは導入されることを特徴とする請求項38記載の不純物導入素子。

【請求項43】 プラズマを固体表面に照射する装置、ガスを固体表面に照射する装置、固体表面を還元性の液体に浸す装置、の群から選ばれる少なくとも一つの装置と、所望の粒子を含むガスを固体表面に接触させる装置と、付着あるいは導入した所望の粒子を拡散させるアニール装置の装置群を少なくとも有することを特徴とする請求項38記載の不純物導入素子。

【請求項44】 固体表面を還元性の液体に浸す装置は固体表面を機械的に摩擦する機構を具備することを特徴とする請求項43記載の不純物導入素子。

【請求項45】 所望の粒子を含むガスを固体表面に接触させる装置は、当該酸化物などの膜を除去した固体基体表面に付着する水素もしくは水酸基と固体基体原子との結合エネルギーに合致したエネルギーの電磁波を照射する機構を具備することを特徴とする請求項43記載の不純物導入素子。

【請求項46】 プラズマを固体表面に照射する装置、ガスを固体表面に照射する装置、固体表面を還元性の液体に浸す装置、の群から選ばれる少なくとも一つの装置と、所望の粒子を含むガスを固体表面に接触させる装置と、付着あるいは導入した所望の粒子を拡散させるアニール装置の装置群を2つ以上組み合わせた、または、一体化したことを特徴とする請求項43記載の不純物導入素子。

**【発明の詳細な説明】****【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、半導体などの製造プロセスにおいて不純物を導入する方法に関する。

**【0002】****【従来の技術】**

固体基体表面には、一般的に、固体基体を構成する原子が空気中の酸素と結びついた酸化物などの膜が形成されている。従来は酸化物などの膜の上からイオン注入などの手段で不純物を物理的に導入していた。すなわち不純物となるイオンに電界等でエネルギーを与えて、表面に照射することで固体基体内部に不純物を導入していた。

**【0003】**

ところで、近年デバイスの微細化に伴って浅い接合を形成する技術が求められている。ここで従来の浅い接合形成技術は、低エネルギーイオン注入技術が挙げられる。低エネルギーイオン注入においては、イオン源からある程度高い電圧でイオンを引き出した後に、後段で減速させることで、ビーム電流値をある程度大きく保ち、且つ、低エネルギーの注入ができる等の工夫がされてきた。このような工夫の結果、数10nm程度の浅い不純物層の形成が可能となり、工業的に半導体の製造に適用されている。

**【0004】**

さらに浅い接合形成のために近年注目されている技術としてプラズマドーピング技術が挙げられる。プラズマドーピングは所望の粒子を含んだプラズマと半導体基盤等の被処理体の表面を接触させて、被処理体表面に所望の粒子を導入する技術である。ここで、プラズマはたかだか数100Vの低エネルギーなので浅い不純物層の形成に適しており、10数nmから数10nm程度の浅い接合を形成した実験が報告されている。さらに、現在最も浅いP型の接合を達成した実験が Technical Digest of Symposium on VLSI Technology, Honolulu P. 110 (2000) に開示

されている。これによると接合の深さは7 nmである。

### 【0005】

また、ガスソースを用いた気相ドーピング法も、IWJT, p. 19 (2000), J. Vac. Sci. Technol. A16, P. 1, (1998)、シリコンテクノロジーNo. 39 18th June, 2002等に提案されている。これは常圧水素雰囲気で半導体基盤を加熱し、B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>やPH<sub>3</sub>を供給することでP型およびN型の不純物拡散層を形成することができる方法である。ここで水素キャリアガスはシリコン上の自然酸化膜を除去し、清浄表面を保つことで不純物特にボロンの表面偏析を抑制する効果がある。またガスを分解するためには、一般に600°C以上の温度が必要である。例えばシリコンテクノロジーNo. 39 18th June, 2002には、半導体基盤を900°Cに加熱して、1 ppmのB<sub>2</sub>H<sub>6</sub>ガスを40秒供給することで高濃度の浅い接合を形成した実験結果が開示されている。これによると、B濃度が $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ となる深さを接合深さとして接合深さは上記と同程度の約7 nmである。

### 【0006】

#### 【発明が解決しようとする課題】

デバイスの微細化に伴って浅い接合を形成する技術が求められている。この要望に対して、プラズマドーピングや低エネルギーイオン注入などの方法が提案されている。近年では10数nmから数10nm程度の浅い接合を形成した実験が報告されている。現在最も浅いP型の接合を達成した実験では7 nm程度の浅い不純物層を形成している。しかし、デバイスのさらなる微細化が進むに従ってより浅い不純物層をより簡単に形成する方法の提供が求められている。このような要求に対して、プラズマドーピング技術は小さいエネルギーとはいえ加速エネルギーを持った粒子を半導体基盤に注入する技術なのでより浅い不純物層を形成することは困難であるという課題がある。ガスソースを用いた気相ドーピング法は、加速エネルギーを持たないドーパントを基盤に供給して表面反応によって不純物拡散層を形成する技術であり、エネルギーを持ったイオンを基盤に照射する方法の限界を超える技術と考えられる。しかし、従来の技術で説明したように、これらのことの方法はガスを分解するために一般に600°C以上の温度が必要とされてい

た。この温度ではマスク材料としてホトレジストを用いることはできない。そのためCVD-SiO<sub>2</sub>などを形成、パターニングする必要があり、トランジスタ形成プロセスの工程が増加してしまうという課題があった。

### 【0007】

#### 【課題を解決するための手段】

表面に酸化物などの膜が付着している固体基体に物質を導入する際に、プラズマを固体表面に照射する手段、ガスを固体表面に照射する手段、固体表面を還元性の液体に浸す手段、の群から選ばれる少なくとも一つの手段によって当該酸化物などの膜を除去して後に、所望の粒子を付着あるいは導入することを特徴とする不純物導入方法とする。

### 【0008】

ここで、表面の膜を除去することで粒子が付着しやすくなるので表面近傍の不純物層の形成が可能になる。固体表面に照射するプラズマはアルゴンまたは水素系のプラズマを用いる。ガスの場合は水素系のガスを用いる。還元性の液体は、フッ化水素、水酸化ナトリウム、アンモニア水、スルフィン酸、アジピン酸ジーエチルヘキシルの群から選ばれる少なくとも一つとする。また、固体表面を還元性の液体に浸す手段において、固体表面を還元性の液体に浸した際に、固体表面を機械的に摩擦することが望ましい。これは機械的に摩擦することで表面の膜がより除去されやすくなるからである。

### 【0009】

所望の粒子を付着あるいは導入する方法は、当該酸化物などの膜を除去した固体基体表面に所望の粒子を含むガスを接触させて固体基体表面もしくはその近傍に付着あるいは導入する方法とする。或いは、所望の粒子を付着あるいは導入する方法は、当該酸化物などの膜を除去した固体基体表面に付着する水素もしくは水酸基と固体基体原子との結合エネルギーに合致したエネルギーの電磁波を照射することによって、当該結合を非結合状態に変化させ、付着した水素もしくは水酸基を脱離させて、固体を構成する原子を表面に露出させた後、所望の粒子を照射して、固体基体表面もしくはその近傍に付着あるいは導入する方法とする。酸化物などの膜を除去した固体基体表面には、ほぼ一定の結合エネルギーを有する

水素もしくは水酸基が固体基体原子と結びついている。この結合エネルギーに合致したエネルギーを供給することで結合を切断できるが、電磁波はエネルギーの制御がし易いので安定して上記のことを実現できる。つまり、結合を切断して、且つ、固体基体表面に影響を及ぼさない範囲の電磁波のエネルギーを選択して安定して照射し易い。このようにして表面に露出させた固体基体を構成する原子は、活性化された状態となる。つまり他の粒子と結合し易い状態となる。よって、固体基体を構成する原子を活性化された状態とした後に、所望の粒子を照射することで固体基体表面もしくはその近傍に不純物を付着あるいは導入し易い。ここで、所望の粒子は固体基体を構成する原子の近傍に低速、つまり低エネルギーで近づけることが望ましい。低エネルギーの粒子の方が活性化した原子にトラップされ易いからである。ここで、低エネルギーの粒子とは、プラズマ、ガス、超低エネルギーイオンの状態の粒子である。また所望の粒子を含むガスは温度を高くして分解する必要はなく、固体基体の温度は600℃以下で、さらには室温でも不純物導入が可能である。

#### 【0010】

##### 【発明の実施の形態】

本発明の実施例を以下で説明する。

#### 【0011】

##### (発明例A)

シリコンの半導体基盤を用いて実験を行った。発明例Aで用いた装置は主に真空予備室とプロセスチャンバーから構成される。まず真空予備室を大気圧に開放して半導体基盤を真空予備室内のハンドリングアーム上に設置した。真空予備室を減圧後、ハンドリングアームで半導体基盤をプロセスチャンバー内に搬送した。図1はプロセスチャンバーの要部断面図である。半導体基盤はプロセスチャンバーに搬送した後、下部電極上に設置した。なお、搬送後は搬送路を閉じて、真空予備室とプロセスチャンバーの間を分離した。また、プロセスチャンバーにはアルゴンガスとジボランガスのガス導入管を別々に接続した。ガス流量はマスフローコントローラで別々に制御できる構成である。

#### 【0012】

半導体基盤を下部電極上に設置した後、アルゴンプラズマを照射して表面をスパッタした。アルゴンガスの流量は 50 sccm、チャンバー内部の圧力は 0.7 Pa、ヘリコンパワーは 1500 W、バイアスパワーは 300 W とした。スパッタは 70 秒間行った。スパッタを終了した後、1 秒間置いて、B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>ガスをチャンバー内部に 70 秒間流した。ここで B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>ガスの流量は 50 sccm、チャンバー内部の圧力は 1.7 Pa とした。その後、低エネルギー SIMS で表面から深さ方向のボロンの濃度分布を測定した。

### 【0013】

図 2 は表面から深さ方向のボロンの濃度分布である。4 衍濃度が低下するのに約 5 nm しか要していなかった。接合の位置を  $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  とすれば、接合の位置は 3 ~ 4 nm であった。このように極めて浅いプロファイルが観測された。またボロンは室温で安定に吸着していた。ボロンの注入量は約  $1.8 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^2$  であった。上記のことから半導体基盤表面にアルゴンプラズマを照射して後に B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>ガスをチャンバー内部に投入することで、従来よりも浅い不純物層を形成できることが了解できる。さらに半導体基盤を加熱する必要のない室温でのプロセスなのでトランジスタ形成プロセスの工程が増加することのない簡単な方法である。

### 【0014】

#### (発明例 B)

図 3 はシリコンの半導体基盤の表面を説明する図である。シリコンの共有結合は、一般的に末端が水素か水酸基で終端されている。末端のシリコン原子は、3 個の他のシリコン原子と結合し、且つ、1 個の水素原子か水酸基と結合している。電磁波を照射することで、図 4 に参照するようにシリコン原子が表面に露出して活性化した状態にできると考えられる。その後、図 5 に示すように、例えばジボランのガスを接触させることで、図 6 のようにシリコンの半導体基盤の表面にボロン原子を含む層を形成できる。表面に付着されるボロン原子の層は、本例では原子 1 個から 2 個の厚みである。上記は固体基体としてシリコンの半導体基盤を、そして不純物としてボロンを例に説明した。このように酸化物などの膜を除去した固体基体表面に付着する水素もしくは水酸基と固体基体原子との結合エネ

ルギーに合致したエネルギーの電磁波を照射することによって、付着した水素もしくは水酸基を脱離させて、固体を構成する原子を表面に露出させた後、所望の粒子を照射することで固体基体表面に付着される不純物の層は、原子1個から数個程度の厚さにすることができる。すなわちオングストロームオーダーの不純物層の形成が可能となる。

### 【0015】

以下に実施例の一例を示す。シリコン原子と水素原子の間の単結合の結合エネルギーは $318\text{ kJ/mol}$ である。また、シリコン原子と酸素原子の間の単結合の結合エネルギーは $452\text{ kJ/mol}$ である。一方、シリコン原子間の単結合の結合エネルギーは $222\text{ kJ/mol}$ である。末端のシリコン原子は3個の他のシリコン原子と結びついているので末端のシリコン原子をシリコン結晶から解離させるためには $666\text{ kJ/mol}$ のエネルギーが必要と考えられる。上記の結合エネルギーの差を利用して、水素もしくは水酸基とシリコン原子との単結合の結合エネルギーに合致したエネルギーの電磁波を照射することによって付着した水素もしくは水酸基だけを脱離させることができる。すなわち、例えば $500\text{ kJ/mol}$ に相当するエネルギーの電磁波を照射することで、図4に参照するようにシリコン原子が表面に露出して活性化した状態にできる。その後は上記と同様の手順で極浅の不純物層を形成できる。

### 【0016】

#### 【発明の効果】

従来よりも浅い不純物層をより簡単に形成する方法を提供できる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

プロセスチャンバーの要部断面図

##### 【図2】

表面から深さ方向のボロンの濃度分布図

##### 【図3】

シリコンの半導体基盤の表面を説明する図

##### 【図4】

表面のシリコン原子が活性化した状態を説明する図

【図5】

ジボランガスの接触を説明する図

【図6】

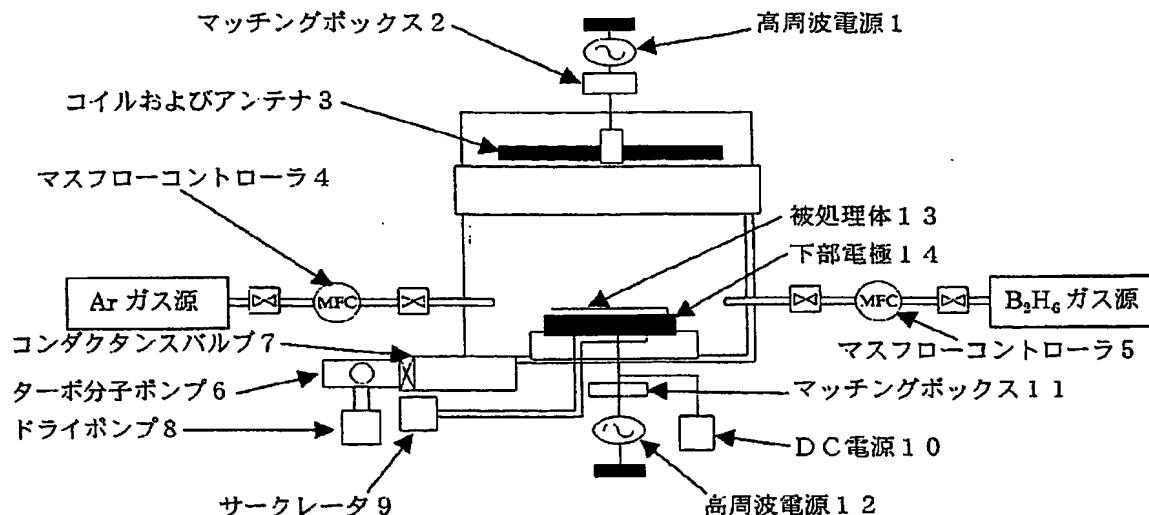
シリコンの半導体基盤の表面にボロン原子を含む層を形成した状態を説明する  
図

【符号の説明】

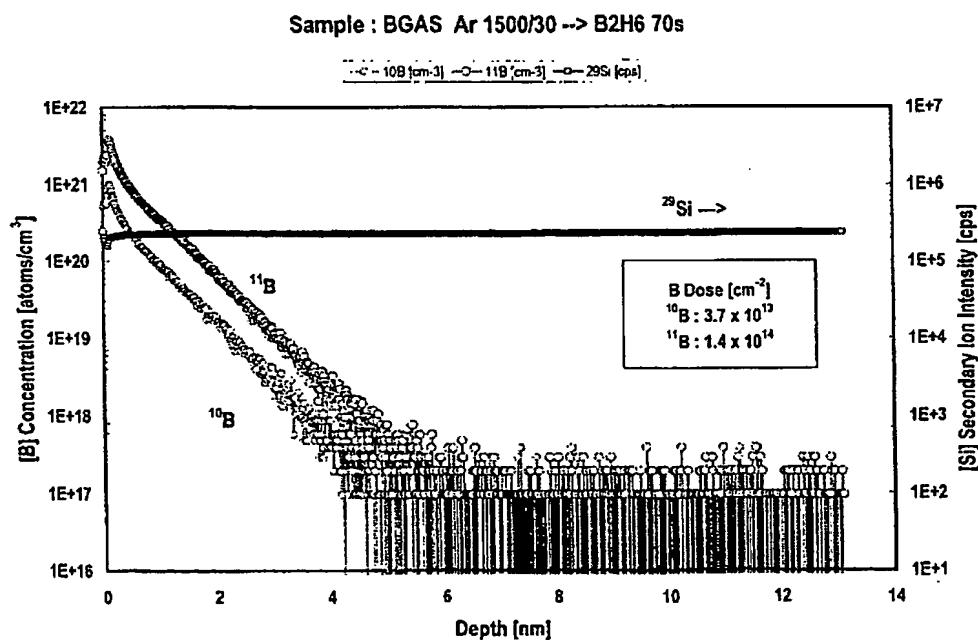
- 1, 12 高周波電源
- 2, 11 マッチングボックス
- 3 コイルおよびアンテナ
- 4, 5 マスフローコントローラ
- 6 ターボ分子ポンプ
- 7 コンダクタンスバルブ
- 8 ドライポンプ
- 9 サークレータ
- 10 DC電源
- 13 被処理体
- 14 下部電極

【書類名】 図面

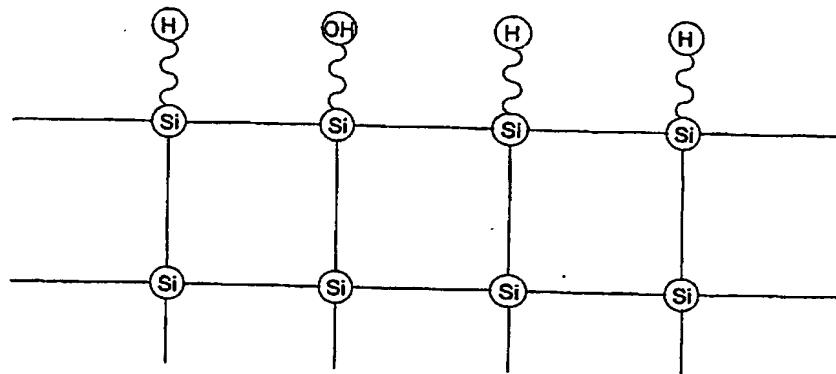
【図 1】



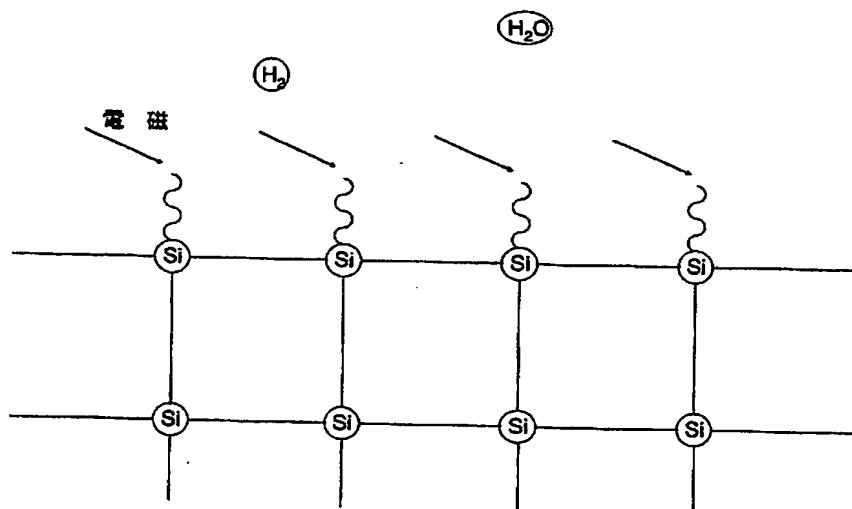
【図 2】



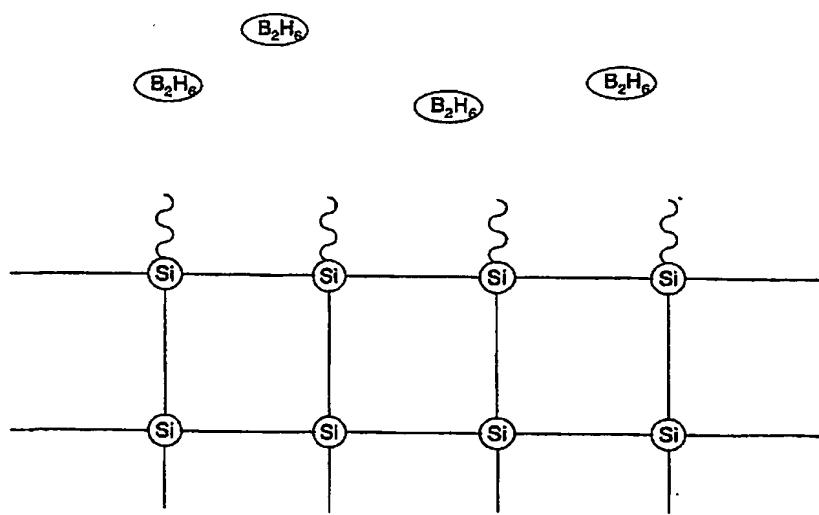
【図3】



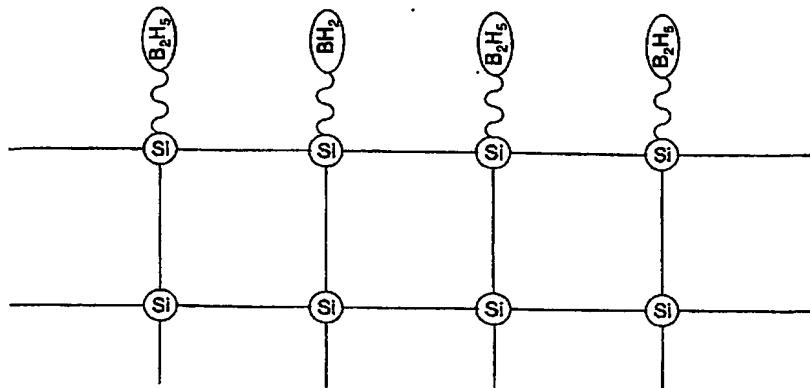
【図4】



【図5】



【図 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 デバイスの微細化に伴って浅い接合を形成する技術が求められている。

【解決手段】 表面に酸化物などの膜が付着している固体基体に物質を導入する際に、プラズマを固体表面に照射する手段、ガスを固体表面に照射する手段、固体表面を還元性の液体に浸す手段、の群から選ばれる少なくとも一つの手段によって当該酸化物などの膜を除去して後に、所望の粒子を付着あるいは導入することを特徴とする不純物導入方法。所望の粒子を付着あるいは導入する方法は、当該酸化物などの膜を除去した固体基体表面に所望の粒子を含むガスを接触させて固体基体表面もしくはその近傍に付着あるいは導入することを特徴とする。

【選択図】 図2

特願2002-274554

出願人履歴情報

識別番号 [000005821]

1. 変更年月日 1990年 8月28日

[変更理由] 新規登録

住所 大阪府門真市大字門真1006番地  
氏名 松下電器産業株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

**BLACK BORDERS**

**IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

**FADED TEXT OR DRAWING**

**BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

**SKEWED/SLANTED IMAGES**

**COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

**GRAY SCALE DOCUMENTS**

**LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

**REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

**OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**